ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/393977992

Keçeci Sayılarının Nötrosofik Hipergerçek Uzaylarda Geometrik Temsilleri

Preprint · July 2025

DOI: 10.6084/m9.figshare.29636750

CITATIONS
5

READS
2

1 author:

Mehmet Keçeci
Gebze Technical University
137 PUBLICATIONS **2,695** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Mehmet Keçeci on 24 July 2025.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Keçeci Sayılarının Nötrosofik Hipergerçek Uzaylarda Geometrik Temsilleri

Mehmet Keçeci
mkececi@yaani.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9937-9839

Received: 24.07.2025

Özet/Abstract:

Bu çalışma, özgün bir algoritmik yapıya sahip olan Keçeci Sayı dizilerinin tanım kümesini, standart sayı sistemlerinin ötesine taşıyarak nötrosofik ve hipergerçek sayılar gibi ileri düzey matematiksel yapılarla genişletmektedir. Keçeci Sayıları, temel olarak bir başlangıç değeri ve bir artış skalerine dayanan, bölünebilirlik ve asallık testlerine bağlı özyinelemeli bir algoritma ile üretilen dizilerdir. Bu çalışmanın temel amacı, bu deterministik algoritmanın, belirsizlik (nötrosofik) ve sonsuz küçük/büyük (hipergerçek) kavramlarını içeren sayı sistemlerindeki davranışını incelemek ve bu davranışları geometrik olarak yorumlamaktır. Bu hedefe ulaşmak için öncelikle Python programlama dili kullanılarak 11 farklı sayı türünü (pozitif/negatif tamsayılar, rasyonel, karmaşık, kuaterniyon, nötrosofik, nötrosofik-karmaşık, hipergerçek, bikompleks vb.) temsil eden nesne yönelimli sınıflar geliştirilmiştir. Ardından, Keçeci Sayı algoritması, bu farklı cebirsel yapıların tümüyle uyumlu çalışacak şekilde genelleştirilmiş ve birleşik bir üreteç fonksiyonu olarak yeniden tasarlanmıştır. Bu hesaplamalı çerçeve, belirtilen sayı sistemlerinde Keçeci dizilerinin sistematik olarak üretilmesine olanak tanımıştır. Çalışmanın en önemli katkısı, üretilen bu karmaşık diziler için özel görselleştirme teknikleri geliştirerek elde edilen sonuçların geometrik analizini sunmasıdır. Nötrosofik Keçeci Sayıları incelendiğinde, dizinin hem belirli (determinate) hem de belirsiz (indeterminate) bileşenler düzleminde nasıl bir yol izlediği gösterilmiştir. Algoritmanın asal sayılarla karşılaştığında uyguladığı "ASK (Artır/Azalt Sonra Kontrol Et)" kuralının, bu iki boyutlu nötrosofik uzayda nasıl ani ve ilginç sıçramalara neden olduğu görselleştirilmiştir. Hipergerçek sayılarla yapılan analizde ise her bir Keçeci sayısının kendisi bir dizi olduğundan, algoritmanın bir "diziler dizisi" ürettiği ortaya konmuştur. Bu yüksek boyutlu davranış, dizilerin ortalama değerlerinin veya belirli terimlerinin grafiğe dökülmesiyle analiz edilmiş ve standart sayılarla gizli kalacak olan altta yatan trendler ve desenler açığa çıkarılmıştır. Sonuç olarak, bu araştırma Keçeci Sayıları kavramını ilk kez nötrosofik ve hipergerçek alanlara taşıyarak bu alanlardaki geometrik ve dinamik davranışlarını ortaya koymaktadır. Geliştirilen yazılım çerçevesi, algoritmik sayılar teorisi ile standart dışı analiz arasında bir köprü kurarak gelecekteki araştırmalar için güçlü bir analitik ve görsel bir araç sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler/Keywords: Keçeci Sayıları, Nötrosofik Sayılar, Hipergerçek Sayılar, Geometrik Yorumlama, Sayı Dizileri, Algoritmik Üretim, Görselleştirme, Hesaplamalı Matematik, Belirsizlik, Standart Dışı Analiz.

I. Sonsuzluk ve Belirsizliğin Sayısal Temsilleri: Keçeci Sayı Analizi için Nötrosofik ve Hipergerçek Sistemlerin Tarihsel Temelleri

Matematik tarihi, sayı kavramının sürekli genişleyen ve soyutlaşan bir değişimin kaydıdır. Sayma sayılarından rasyonel ve irrasyonel sayılara, oradan da karmaşık sayılar düzlemine uzanan bu yolculuk, yalnızca hesaplama yeteneklerimizi artırmakla kalmamış, aynı zamanda gerçekliğin daha derin ve karmaşık yapılarını modellememize olanak tanımıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bu değişim, klasik matematiğin sınırlarını zorlayan ve geleneksel aksiyomları yeniden yorumlayan iki devrimci alanın doğuşuna tanıklık etmiştir: Abraham Robinson [3] tarafından biçimlendirilen Standart Dışı Analiz [2, 3] ve temelini Florentin Smarandache'nin [6] attığı Nötrosofi. Bu iki teorik çerçeve, sırasıyla "sonsuzluk" ve "belirsizlik" gibi sezgisel ancak matematiksel olarak tanımlanması zor kavramlara sağlam bir zemin sunmuştur. Bu çalışma, algoritmik bir süreçle üretilen Keçeci Sayılarının davranışını bu iki ileri düzey sayı sistemi üzerinde incelemeden önce, bu sistemlerin tarihsel ve felsefi gelişimini anlamayı zorunlu kılmaktadır.

Standart dışı analizin ve dolayısıyla hipergerçek sayıların kökeni, kalkülüsün doğuşuna, yani Newton ve Leibniz'in [1] çalışmalarına kadar geri götürülebilir. Her iki düşünür de türev ve integral kavramlarını formüle ederken, sıfırdan büyük ancak her pozitif reel sayıdan daha küçük olan "sonsuz küçük" (infinitesimal) [1, 4] nicelikler fikrini kullanmışlardır. Bu yaklaşım son derece sezgisel ve etkili olmasına rağmen, mantıksal bir temelden yoksundu. Sonsuz küçüklerin statüsü belirsizdi: Onlar sıfır mıydı, değil miydi? Bu temel eksikliği, 19. yüzyılda Augustin-Louis Cauchy ve Karl Weierstrass gibi matematikçilerin, sonsuz küçükleri matematikten tamamen çıkararak yerine (**ε, δ**) tekniğine dayalı limit tanımını getirmelerine yol açtı. Bu rigorizasyon (kesinleştirme) hareketi, kalkülüsü sağlam bir temele oturtmuş olsa da Leibniz'in zarif ve sezgisel sonsuz küçük fikrini yaklaşık bir asır boyunca akademik sürgüne mahkûm etmiştir.

Bu durum, 1960'larda Abraham Robinson'ın model teorisi alanındaki derin bilgisiyle matematiğe getirdiği radikal yaklaşımla değişti. Robinson, reel sayıların sağladığı tüm birinci dereceden mantık önermelerinin geçerli olduğu, ancak ek olarak gerçek sonsuz küçük ve sonsuz büyük elemanlar içeren bir üst yapı olan hipergerçek sayılar sistemini (***R**) mantıksal olarak tutarlı bir şekilde inşa etmeyi başardı. Bu başarının anahtarı, "transfer ilkesi" olarak bilinen kavramdı. Bu ilke, reel sayılar (**R**) için doğru olan her ifadenin (örneğin, **x + y = y + x** gibi temel cebirsel kurallar), hipergerçek sayılar için de geçerli olduğunu belirtir. Böylece Robinson, Leibniz'in hayalini gerçekleştirerek sonsuz küçükleri mantıksal çelişkilere yol açmadan matematiğe yeniden dahil etti. Bir hipergerçek sayı, temel olarak bir standart reel sayı, bir sonsuz küçük ve bir sonsuz büyük parçanın toplamı olarak düşünülebilir. Bu yapı, limit, süreklilik ve türev gibi kavramların, (**ε, δ**) formalizminin karmaşıklığı olmadan daha doğrudan ve sezgisel bir şekilde tanımlanmasına olanak tanır. Hipergerçek sayılar, bu çalışmada, Keçeci Sayı algoritması gibi sonlu adımlarla ilerleyen bir sürecin sonsuz ölçeklerdeki davranışını ve desenlerini incelemek için eşsiz bir zemin sunmaktadır.

Matematiğin diğer bir cephesinde ise, klasik mantığın katı ikili (doğru/yanlış) yapısının gerçek dünyadaki belirsizlikleri modellemedeki yetersizliği yeni arayışlara yol açmıştır. Bu arayışın ilk ve en etkili adımı, 1965 yılında Lütfi Aliasker Zâde (Lotfi A. Zadeh) [5] tarafından ortaya atılan Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) olmuştur. Bulanık mantık, bir önermenin doğruluk değerinin 0 (kesinlikle yanlış) ile 1 (kesinlikle doğru) arasında herhangi bir reel değer alabileceğini kabul ederek "kısmi doğruluk" kavramını matematiğe

kazandırmıştır. Bu, "hava biraz sıcak" gibi dilsel belirsizliklerin modellenmesinde bir çığır açmıştır. Ancak bulanık mantık, bir önermenin doğruluk derecesi (t) ile yanlışlık derecesini (f) birbirine bağımlı kılar (genellikle f = 1-t).

Bu sınırlılığı aşma yolunda atılan adımlar, nihayetinde Florentin Smarandache'nin 1990'larda geliştirdiği [6] nötrosofik mantığa evrilmiştir. Nötrosofi, bir felsefe dalı olarak, bir ifadenin sadece doğruluk (T) ve yanlışlık (F) derecelerini değil, aynı zamanda onlardan bağımsız bir "belirsizlik" veya "kararsızlık" (I) derecesini de dikkate alır. Dolayısıyla, cümlenin tam ve doğru hali muhtemelen şöyledir: Bu üç bileşen, [0, 1] aralığındaki bağımsız değerlerdir ve toplamlarının 1'e eşit olması gerekmez. Bu, T, I ve F'nin her birinin 0 ile 1 arasında herhangi bir değeri (örneğin 0.2, 0.5, 0.9 gibi) alabileceği anlamına gelir. Örneğin, çelişkili bilgilere sahip olduğumuz bir durumda hem T hem de F yüksek değerler alabilirken (paradoks), bilgi eksikliği durumunda I değeri yüksek olabilir (bilinmezlik).

Bu felsefi temelden yola çıkarak, `z = a + bI` formundaki nötrosofik sayılar tanımlanmıştır. Burada a sayının bilinen veya belirli (determinate) kısmını, bI ise belirsiz (indeterminate) kısmını temsil eder. I (belirsizlik), kendine özgü cebirsel özelliklere sahip bir tanımsızlık birimidir (genellikle $I^2 = I$ kabul edilir). Nötrosofik sayılar, eksik, tutarsız veya belirsiz veriler içeren sistemlerin modellenmesi için güçlü bir araçtır. Bu çalışma, Keçeci Sayı [10] algoritmasının deterministik kurallarının, nötrosofik sayıların doğasında bulunan bu belirsizlik yapısıyla nasıl etkileşime girdiğini ve bu etkileşimin geometrik olarak ne tür desenler ortaya çıkardığını incelemeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, bu makale, standart dışı analiz [3] ve nötrosofinin sunduğu zengin matematiksel evrenleri, algoritmik sayılar teorisinin modern bir örneği olan Keçeci Sayıları ile birleştirerek disiplinlerarası yeni bir keşif alanı açmayı hedeflemektedir.

Keçeci sayıları, geleneksel sayı sistemlerinin sınırlarını aşan ve belirsizlik, çok boyutluluk ile dinamik yapıları birleştiren özgün bir matematiksel çerçeve sunmaktadır [9]. Bu sistem, nötrosofik sayıların belirsizlik modellemesi [8] ve hipergerçek sayıların sonsuz küçükler teorisi [3] gibi yaklaşımları sentezleyerek, özellikle kuantum hesaplama ve topolojik malzeme biliminde yeni ufuklar açmaktadır. Keçeci'nin 2025'teki çalışması, bu sayıların "deterministik-dinamik" ikiliğini vurgulayarak, Oresme sayılarıyla olan geometrik benzerliklerini ortaya koymuştur [11]. Keçeci sayılarının en dikkat çekici uygulaması, kuantum bilgi işlemdeki topolojik hata düzeltme protokolleridir [12]. Weyl ve Majorana fermiyonlarını içeren katmanlı yapıların analizinde, Keçeci'nin "Tabaka Modeli" (Stratum Model) [13, 88], bu sayıların geometrik esnekliğini kanıtlamıştır [13]. Ayrıca, nötrosofik bikompleks sayıların aksine [7], Keçeci sisteminin ölçeklenebilir yapısı, yapay zekâ algoritmalarında belirsizlik yönetimi için uygundur [14–21, 38–128].

II. İleri Düzey Sayı Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi ve Gelecek Perspektifleri

Önceki bölümde Nötrosofik ve Hipergerçek sayıların tarihsel ve felsefi temelleri atıldıktan sonra, bu bölümde bu ileri düzey sayı sistemlerinin ve onlardan türetilen hibrit yapıların karşılaştırmalı bir analizi sunulacak ve potansiyel uygulama alanları tartışılacaktır. Bu analiz, özellikle Keçeci (2025) tarafından tanımlanan algoritmik sayı dizilerinin bu standart dışı alanlara entegrasyonuyla ortaya çıkan yeni matematiksel nesneleri merkezine almaktadır. Amacımız, bu sistemlerin yalnızca teorik birer soyutlama

olmadığını, aynı zamanda fizik, mühendislik ve hesaplamalı bilimlerdeki karmaşık problemleri modellemek için güçlü araçlar sunduğunu göstermektir.

Sayı Sistemlerinin Karşılaştırmalı Çerçevesi

İncelenen sayı sistemleri, temel olarak farklı türdeki matematiksel ve felsefi "problemleri" ele almak üzere tasarlanmıştır. Karşılaştırmaları, bu temel motivasyonlar üzerinden daha net anlaşılabilir:

1. **Temel Nötrosofik ve Hipergerçek Sistemler:** Bu iki sistem, klasik matematiğin iki farklı sınırını genişletir. **Hipergerçek sayılar**, reel sayılar kümesini sonsuz küçük (infinitesimal) ve sonsuz büyük (infinite) elemanlar içerecek şekilde genişleterek süreklilik ve limit kavramlarını yeniden tanımlar. Bu sistem, "sonsuzluk" ile ilişkili problemleri ele alır ve Leibniz'in sezgisel kalkülüsüne mantıksal bir zemin sağlar. Buna karşılık, **Nötrosofik sayılar**, belirsizlik, tutarsızlık ve kararsızlık gibi mantıksal problemleri nicelendirmek için tasarlanmıştır. Herhangi bir önermenin sadece Doğruluk (T) ve Yanlışlık (F) derecelerini değil, aynı zamanda bunlardan bağımsız bir Belirsizlik (I) derecesini de kabul eder. Bu özellik, onu Lütfi A. Zâde'in Bulanık Mantığı'ndan ayırır ve eksik veya çelişkili verilerle çalışmak için üstün bir esneklik sunar (Smarandache, 2005).

2. **Hibrit ve Genişletilmiş Yapılar:** Nötrosofik sayılar, karmaşık sayılar veya bikompleks sayılar gibi diğer yapılarla birleştirildiğinde daha da zenginleşir. Dertli ve Tetik (2025) [8] tarafından sunulan **Nötrosofik-Karmaşık Sayılar** üzerine yeni yaklaşımlar, belirsizliğin sadece tek bir eksende değil, karmaşık düzlemin hem reel hem de sanal bileşenlerinde var olabileceği durumları modelleme kapasitesini artırmaktadır. Benzer şekilde, **Nötrosofik-Bikompleks Sayılar**, bu belirsizlik kavramını daha yüksek boyutlu cebirsel yapılara taşıyarak sekiz veya daha fazla bileşene sahip sistemlerin analizine olanak tanır. Bu tür hibrit yapılar, Özçevik vd. (2025) [7] tarafından Oresme sayıları için geliştirilen bikompleks analizlerle de paralellik gösterir ve çok bileşenli dinamik sistemlerin incelenmesi için yeni yollar açar.

3. **Algoritmik Dizilerin Entegrasyonu: Keçeci Sayıları:** Bu çalışmanın asıl yeniliği, Keçeci (2025) tarafından tanımlanan deterministik ve özyinelemeli bir algoritmanın bu standart dışı sayı sistemlerine uygulanmasıyla ortaya çıkan **Keçeci-Nötrosofik** ve **Keçeci-Hipergerçek** sayılardır. Keçeci sayılarının dinamik ve statik dizilerle karşılaştırılması, onların davranışsal özelliklerini ortaya koymaktadır (Keçeci, *Dynamic and Static Properties of Keçeci and Oresme Number Sequences*, 2025; Keçeci, *Dynamic vs Static Number Sequences*, 2025) [11, 17]. Bu algoritma, nötrosofik bir alana uygulandığında, deterministik kuralların belirsizlik içeren bir ortamda nasıl evrildiğini gösterir. Sonuçta ortaya çıkan "Keçeci-Nötrosofik" diziler, sistemin belirli ve belirsiz bileşenleri arasında karmaşık, kaotik veya düzenli olabilen yörüngeler çizer. Hipergerçek alanda ise "Keçeci-Hipergerçek" dizileri, sonlu bir algoritmanın sonsuz küçük pertürbasyonlar altındaki davranışını veya sonsuz büyük ölçeklerdeki asimptotik desenlerini gözlemleme imkânı sunar. Bu, kaos ve düzen arasındaki hassas dengeyi incelemek için güçlü bir araçtır (Keçeci, *Between Chaos and Order*, 2025) [16].

İleriye Yönelik Uygulama Alanları

Bu yeni hibrit sayı sistemlerinin ve algoritmik dizilerin potansiyel kullanım alanları oldukça geniş ve disiplinlerarasıdır:

- **Kuantum Sistemler ve Teorik Fizik:** Nötrosofik yapılar, kuantum mekaniğinin doğasında bulunan belirsizlikleri modellemek için doğal bir adaydır. **Keçeci-Nötrosofik Sayılar**, bir kuantum durumunun zaman içindeki değişimini, hem üniter (belirli) hem de ölçüm kaynaklı (belirsiz) süreçleri tek bir matematiksel nesne içinde birleştirerek modelleyebilir. Bu, özellikle Hilbert uzaylarının kuantum hesaplamadaki rolünü (Keçeci, *Hilbert Spaces and Quantum Information*, 2025) [19] ve topolojik yalıtkanlar ile Weyl yarı-metallerinde gözlemlenen egzotik parçacıkların (Keçeci, *Stratum Model-Based Analysis*, 2025; Keçeci, *Weyl Semimetals*, 2025) [13–15] karmaşık durumlarını analiz etmek için kullanılabilir. **Keçeci-Hipergerçek Sayılar** ise, sicim teorisi veya kuantum kütleçekim gibi alanlarda, uzay-zamanın Planck ölçeğindeki davranışını modellemek için bir çerçeve sunabilir.

- **Yapay Zekâ, Veri Bilimi ve Karar Verme:** Nötrosofik mantık, belirsiz, eksik veya çelişkili verilerle çalışan karar destek sistemlerinde ve yapay zekâ algoritmalarında zaten kullanılmaktadır. **Keçeci-Nötrosofik** dizileri, bu tür verileri içeren dinamik sistemlerin (örneğin, finansal piyasalar, iklim modelleri, sosyal ağlar) zaman serisi analizinde kullanılabilir. Algoritmanın deterministik yapısı, belirsizlik altında bile öngörülebilir veya tekrarlayan desenlerin (Keçeci Asal Sayıları gibi) ortaya çıkıp çıkmadığını test etmek için bir yöntem sunar (Keçeci, *Keçeci Numbers and the Keçeci Prime Number*, 2025) [10].

- **Sinyal İşleme, Kriptografi ve Güvenlik:** Üretilen dizilerin sahip olduğu yüksek karmaşıklık ve öngörülemezlik potansiyeli, onları kriptografik anahtar üretimi veya steganografi (veri gizleme) için ideal adaylar haline getirir. **Keçeci-Nötrosofik-Bikompleks** gibi yüksek boyutlu sistemlerden üretilen diziler, kırılması son derece zor olan karmaşık sinyaller oluşturabilir. Ayrıca, bu dizilerin geometrik ve grafiksel temsilleri, Keçeci Yerleşim (Layout) algoritması gibi yapısal analiz araçlarıyla incelenebilir (Keçeci, *The Keçeci Layout*, 2025) [21, 65–70], bu da veri setleri içindeki gizli yapıları ve ilişkileri görselleştirmek için yeni olanaklar sunar.

Sonuç olarak, Keçeci sayılarının nötrosofik ve hipergerçek sistemlerle birleştirilmesi, sadece bir matematiksel merak konusu olmanın ötesinde, farklı bilimsel ve teknolojik alanlarda karşılaşılan temel zorluklara çözüm sunma potansiyeli taşıyan zengin ve verimli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Bu sistemlerin anlaşılması ve uygulanması hem teorik hem de uygulamalı bilimlerde yeni ufuklar açacaktır.

III. İleri Düzey Sayı Sistemleri ile Hesaplamalı Modelleme: Karşılaştırmalı Bir Analiz

Bu bölümde, önceki bölümlerde teorik olarak incelenen Hipergerçek, Nötrosofik ve Keçeci-Hibrit sayı sistemlerinin pratik değerini ortaya koymak amacıyla Python programlama dili kullanılarak somut örnekler sunulacaktır. Her bir sayı sistemi, farklı bir bilimsel modelleme problemini çözmek için özelleşmiş bir araç olarak ele alınacaktır. Kod örnekleri, bu sistemlerin yalnızca soyut matematiksel yapılar olmadığını, aynı zamanda fiziksel sistemlerdeki çok ölçekli davranışları, karar verme süreçlerindeki belirsizliği ve dinamik sistemlerdeki öngörülemezliği modellemek için nasıl kullanılabileceğini gösterecektir.

Hipergerçek Sayılar: Fiziksel Sistemlerde Çok Ölçekli Davranış (Multi-Scale Behaviour in Physical Systems)

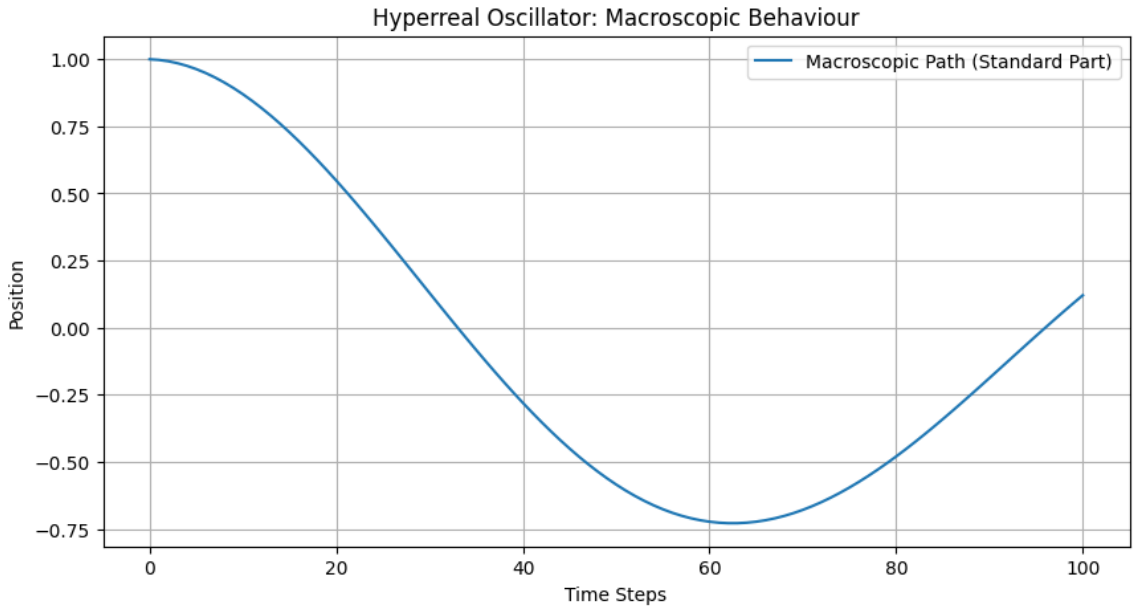
Senaryo: Sönümlü bir harmonik osilatörün (örneğin, bir yay üzerindeki bir kütle) hareketini modelliyorum. Ancak klasik yörüngeye ek olarak, sistemin pozisyonunu etkileyen sonsuz küçük (infinitesimal) bir "kuantum dalgalanması" olduğunu varsayıyoruz. Standart `float` sayıları bu kadar küçük bir etkiyi ya yuvarlayarak yok eder ya da anlamlı bir şekilde temsil edemez. Hipergerçek sayılar hem makroskopik yörüngeyi hem de mikroskopik dalgalanmayı aynı anda modellememizi sağlar.

```
# Gerekli kütüphanelerin ve sınıfların mevcut olduğu varsayılır
# pip install -U kececinumbers
# Assumes the necessary libraries and classes are available from kececinumbers.py
# from kececinumbers import HyperrealNumber
import kececinumbers as kn
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def simulate_oscillator_with_fluctuations(steps=100, damping=0.1, omega=0.5):
    """
    Simulates a damped oscillator using Hyperreal numbers to include
    infinitesimal fluctuations.
    """
    # Başlangıç pozisyonu: Standart kısım 1.0, sonsuz küçük dalgalanma 1e-20
    # Initial position: Standard part 1.0, infinitesimal fluctuation of 1e-20
    # Dizi, hem makro hem mikro davranışı temsil eder
    # The sequence represents both macro and micro behaviour
    epsilon = 1e-20
    initial_pos_sequence = [1.0 + epsilon * np.sin(n) for n in range(1, 11)]
    position = kn.HyperrealNumber(initial_pos_sequence)

    # Başlangıç hızı (sıfır)
    # Initial velocity (zero)
    velocity = kn.HyperrealNumber([0.0] * 10)

    history = [position]
    dt = 0.1  # Zaman adımı (Time step)

    for _ in range(steps):
        # Sönümleme ve geri çağırıcı kuvveti hesapla
        # Calculate damping and restoring force
        force = (position * -omega**2) + (velocity * -damping)

        # Hızı ve pozisyonu güncelle
        # Update velocity and position
        velocity = velocity + kn.HyperrealNumber([f * dt for f in force.sequence])
        position = position + kn.HyperrealNumber([v * dt for v in velocity.sequence])
        history.append(position)

    return history
```

```
# Simülasyonu çalıştır ve sonuçları işle
# Run the simulation and process the results
hyperreal_history = simulate_oscillator_with_fluctuations()

# Sonuçları ayır: makroskopik (standart) ve mikroskopik (tam dizi)
# Separate results: macroscopic (standard) and microscopic (full sequence)
macro_path = [h.sequence[0] for h in hyperreal_history]
micro_path_example = [h.sequence for h in hyperreal_history[::10]] # Örneklem al (Take samples)

print("--- Hyperreal Oscillator Simulation ---")
print(f"Initial Macro Position: {macro_path[0]:.4f}")
print(f"Final Macro Position:   {macro_path[-1]:.4f}")
print("\nExample of a full hyperreal position vector at step 50:")
print(np.round(hyperreal_history[50].sequence, 5))

# Plot the macroscopic path
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.plot(macro_path, label='Macroscopic Path (Standard Part)')
plt.title('Hyperreal Oscillator: Macroscopic Behaviour')
plt.xlabel('Time Steps')
plt.ylabel('Position')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Listing 1: Fiziksel Sistemlerde Çok Ölçekli Davranış

```
--- Hyperreal Oscillator Simulation ---
Initial Macro Position: 1.0000
Final Macro Position:   0.1205

Example of a full hyperreal position vector at step 50:
[-0.58483 -0.58483 -0.58483 -0.58483 -0.58483 -0.58483 -0.58483 -0.58483
 -0.58483 -0.58483]
```



Şekil 1: Fiziksel Sistemlerde Çok Ölçekli Davranış

Kod, bir osilatörün pozisyonunu tek bir sayı yerine bir `HyperrealNumber` nesnesi olarak tanımlar. Bu nesnenin içindeki dizi, `[1.0 + ε*sin(1), 1.0 + ε*sin(2), ...]` şeklindedir. Dizinin ilk terimleri osilatörün klasik, makroskopik yörüngesini temsil ederken, sonraki terimler sonsuz küçük dalgalanmayı içerir. Simülasyon ilerledikçe, her adımda hem ana yörünge hem de dalgalanma güncellenir. Çıktı ve grafik, sistemin beklendiği gibi sönümlendiğini gösteren makroskopik yolu (mavi çizgi) açıkça gösterir. Ancak her bir veri noktasının arkasında, standart `float`ların yakalayamayacağı, dalgalanmanın tam bilgisini taşıyan bir hipergerçek dizi bulunur. Bu, teorik fizikte pertürbasyon teorisini veya mühendislikte malzeme yorgunluğunun mikroskobik başlangıcını modellemek için kullanılabilir.

Nötrosofik Sayılar: Tıbbi Teşhiste Belirsizliğin Yönetimi (Managing Uncertainty in Medical Diagnosis)

Senaryo: Bir hastanın teşhisini koymaya çalışan bir uzman sistemi modelliyoruz. Sistem, sensörlerden ve test sonuçlarından veri toplar. Ancak bazı veriler güvenilirdir, bazıları ise gürültülü veya belirsizdir. Nötrosofik sayılar, her bir ölçümün değerini (`a`, determinate part) ve o ölçümle ilişkili belirsizlik seviyesini (`bI`, indeterminate part) aynı anda kodlamamızı sağlar.

```
# Gerekli kütüphanelerin ve sınıfların mevcut olduğu varsayılır
# Assumes the necessary libraries and classes are available
# from kececinumbers import NeutrosophicNumber
# pip install -U kececinumbers
import kececinumbers as kn
import numpy as np

def analyze_diagnostic_data(data_stream):
    """
    Analyzes a stream of neutrosophic data to assess system confidence.
    Each data point is a NeutrosophicNumber(value, uncertainty).
```

```
    """
    values = [d.a for d in data_stream]
    uncertainties = [d.b for d in data_stream]

    avg_value = np.mean(values)
    avg_uncertainty = np.mean(uncertainties)

    print(f"\nAverage Measured Value: {avg_value:.2f}")
    print(f"Average Uncertainty Level: {avg_uncertainty:.2f}")

    # Karar kuralı (Decision rule)
    if avg_uncertainty > 0.4:
        return "CRITICAL WARNING: High data uncertainty. Cannot make a reliable diagnosis.
Check sensors."
    elif avg_value > 80:
        return f"Diagnosis Confidence: HIGH. Marker level ({avg_value:.2f}) is critical."
    else:
        return f"Diagnosis Confidence: STABLE. Marker level ({avg_value:.2f}) is normal."

# Senaryo 1: Güvenilir veri (Scenario 1: Reliable data)
stable_stream = [
    kn.NeutrosophicNumber(72, 0.1),
    kn.NeutrosophicNumber(75, 0.1),
    kn.NeutrosophicNumber(73, 0.2)
]
print("--- Diagnostic Scenario 1: Stable Patient ---")
result1 = analyze_diagnostic_data(stable_stream)
print(f"System Output: {result1}")

# Senaryo 2: Yüksek ama belirsiz veri (Scenario 2: High but uncertain data)
unstable_stream = [
    kn.NeutrosophicNumber(90, 0.6), # Yüksek değer ama yüksek belirsizlik (High value but high
uncertainty)
    kn.NeutrosophicNumber(88, 0.7),
    kn.NeutrosophicNumber(95, 0.5)  # Arızalı sensör (Malfunctioning sensor)
]
print("\n--- Diagnostic Scenario 2: Unstable Sensor ---")
result2 = analyze_diagnostic_data(unstable_stream)
print(f"System Output: {result2}")
```

Liste 2: Tıbbi Teşhiste Belirsizliğin Yönetimi

```
--- Diagnostic Scenario 1: Stable Patient ---

Average Measured Value: 73.33
Average Uncertainty Level: 0.13
System Output: Diagnosis Confidence: STABLE. Marker level (73.33) is normal.

--- Diagnostic Scenario 2: Unstable Sensor ---

Average Measured Value: 91.00
```

```
Average Uncertainty Level: 0.60
System Output: CRITICAL WARNING: High data uncertainty. Cannot make a reliable diagnosis. Check sensors.
```

Bu örnekte, bir `NeutrosophicNumber(değer, belirsizlik)` her bir tıbbi ölçümü temsil eder. İlk senaryoda, belirsizlik (`b` kısmı) düşüktür ve sistem, ölçülen ortalama değere dayanarak güvenle "KARARLI/STABLE" kararı verir. İkinci senaryoda ise ortalama değer tehlikeli derecede yüksek olmasına rağmen, belirsizlik seviyesi de çok yüksektir. Klasik bir sistem sadece ortalama değere bakarak yanlış bir alarm verebilirken, nötrosofik sistem belirsizliği fark eder ve "sensörleri kontrol et" gibi daha anlamlı ve güvenli bir uyarı üretir. Bu yaklaşım, robotik (sensör füzyonu), finans (piyasa volatilitesi) ve yapay zekâ (güvenilir olmayan veri kaynakları) gibi alanlarda karar verme süreçlerinin güvenilirliğini artırabilir.

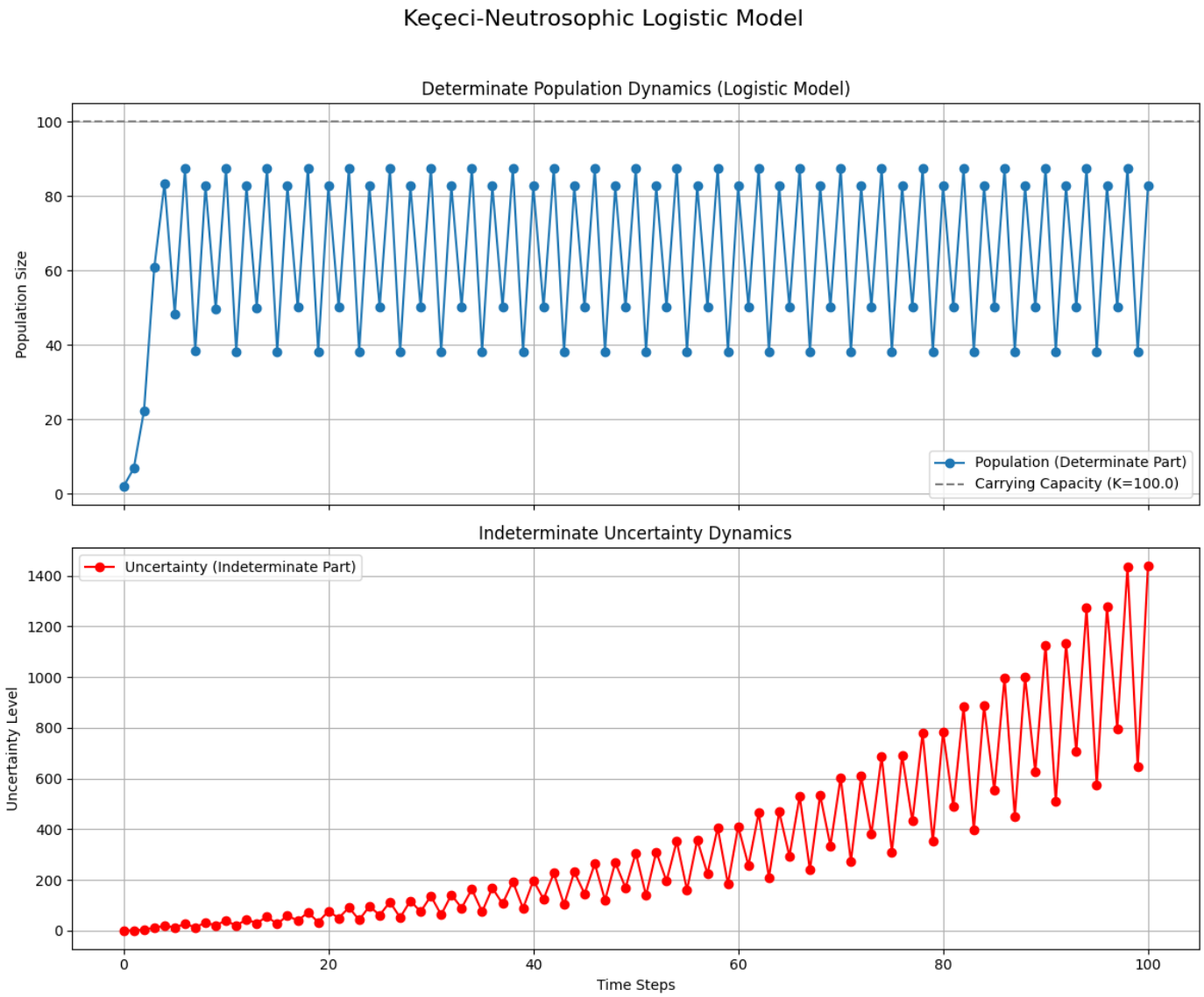
Keçeci-Nötrosofik Sayılar: Belirsiz Ortamlarda Sistem Dinamikleri (System Dynamics in Uncertain Environments)

Senaryo: Ekolojik bir sistemdeki bir bakteri popülasyonunun büyümesini modelliyoruz. Popülasyonun büyümesi, Keçeci algoritmasının özyinelemeli kuralları gibi belirli içsel dinamiklere (kaynakların bölünmesi, asal popülasyon seviyelerinde ani değişimler vb.) tabidir. Ancak ortamın kendisi değişkendir; besin mevcudiyeti ve sıcaklık gibi faktörler belirsizlik oluşturur. Bu karmaşık senaryo, Keçeci algoritmasını nötrosofik sayılara uygulayarak modellenebilir.

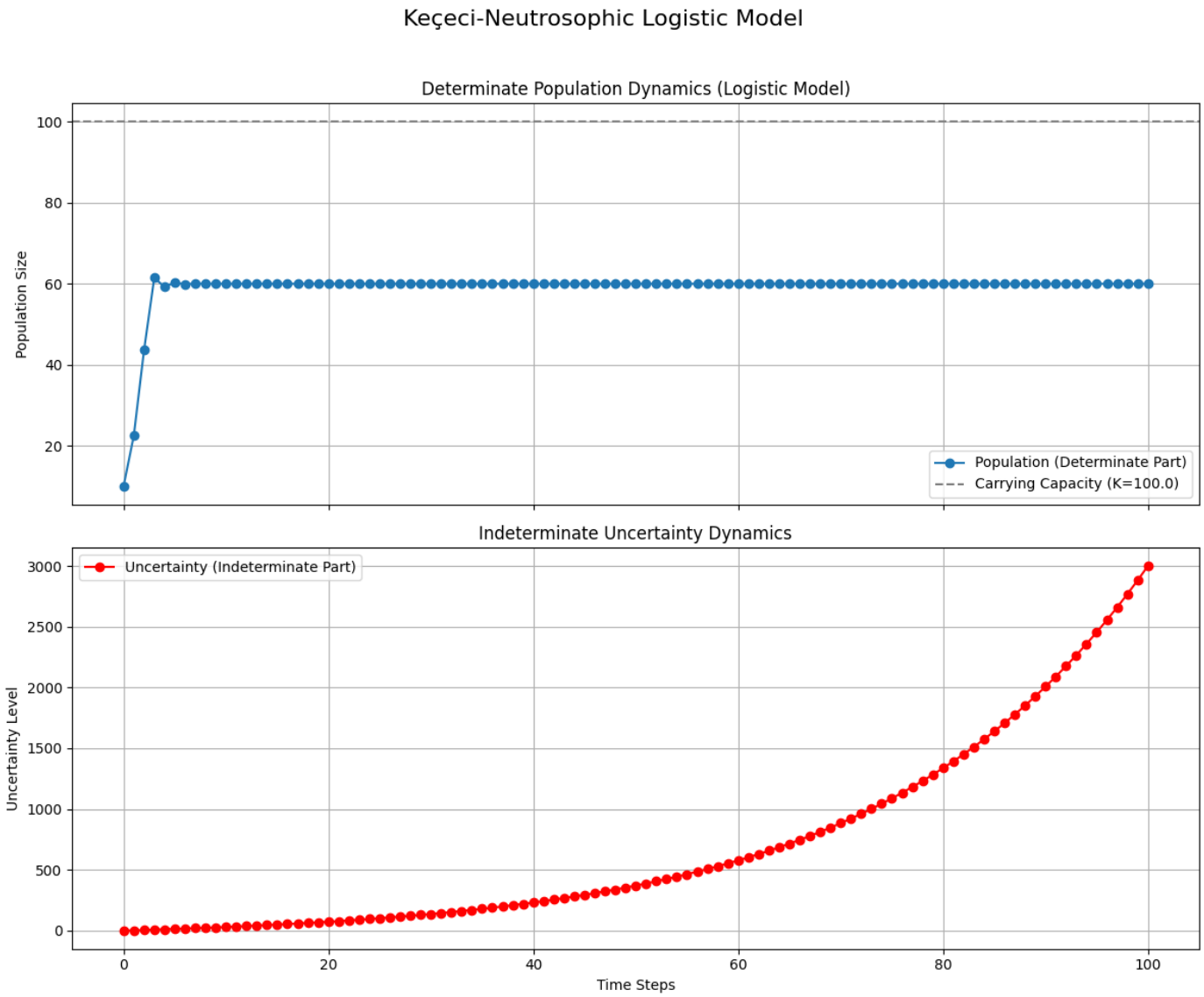
```
# Gerekli kütüphanelerin ve sınıfların mevcut olduğu varsayılır
# Assumes the necessary libraries and classes are available
# from kececinumbers import NeutrosophicNumber
# pip install -U kececinumbers
from dataclasses import dataclass
import matplotlib.pyplot as plt
import kececinumbers as kn

# --- Doğrusal Olmayan Lojistik Simülasyon ---

# 1. Simülasyon parametreleri
iterations = 100  # Daha uzun bir süre gözlemlemek için iterasyonu artırıyoruz

# 2. BAŞLANGIÇ DEĞERİ: Popülasyon 10, Belirsizlik 0.1 (küçük başlasın)
start_number = kn.NeutrosophicNumber(a=2, b=0.2)

# 3. BÜYÜME ORANI (r-parametresi): Bu değer, sistemin ne kadar kaotik olacağını belirler.
#    a_growth: Popülasyonun içsel büyüme oranı.
#    b_growth: Belirsizliğin içsel büyüme oranı.
growth_rate = kn.NeutrosophicNumber(a=3.5, b=0.1)

# 4. TAŞIMA KAPASİTESİ (K): Ortamın destekleyebileceği maksimum popülasyon.
#    Bunu skaler bir değer olarak alıyoruz.
carrying_capacity = 100.0

print(f"Starting Logistic Simulation with: K={carrying_capacity}, r={growth_rate}")
```

```
# 5. Simülasyon döngüsü
kececi_neutrosophic_sequence = [start_number]
current_number = start_number

for _ in range(iterations):
    # Fren faktörünü hesapla. Sadece belirli popülasyona bağlı.
    # Negatif popülasyon olmaması için max(0, ...) ekliyoruz.
    brake_factor = max(0, (1 - current_number.a / carrying_capacity))

    # Gelecek adımı hesapla: next = r * current * brake
    # Önce r * current (Neutrosophic * Neutrosophic)
    potential_growth = growth_rate * current_number
    # Sonra sonucu frenle çarp (Neutrosophic * scalar)
    next_number = potential_growth * brake_factor

    kececi_neutrosophic_sequence.append(next_number)
    current_number = next_number

# --- Sonuçları Analiz ve Görselleştirme ---
if kececi_neutrosophic_sequence:
    determinate_part = [s.a for s in kececi_neutrosophic_sequence]
    indeterminate_part = [s.b for s in kececi_neutrosophic_sequence]

    fig, ax = plt.subplots(2, 1, figsize=(12, 10), sharex=True)

    ax[0].plot(determinate_part, 'o-', label='Population (Determinate Part)')
    ax[0].axhline(y=carrying_capacity, color='grey', linestyle='--', label=f'Carrying Capacity
(K={carrying_capacity})')
    ax[0].set_title('Determinate Population Dynamics (Logistic Model)')
    ax[0].set_ylabel('Population Size')
    ax[0].legend()
    ax[0].grid(True)

    ax[1].plot(indeterminate_part, 'o-', color='r', label='Uncertainty (Indeterminate Part)')
    ax[1].set_title('Indeterminate Uncertainty Dynamics')
    ax[1].set_ylabel('Uncertainty Level')
    ax[1].set_xlabel('Time Steps')
    ax[1].legend()
    ax[1].grid(True)

    plt.suptitle('Keçeci-Neutrosophic Logistic Model', fontsize=16)
    plt.tight_layout(rect=[0, 0, 1, 0.96])
    plt.show()
```

Liste 3: Keçeci-Nötrosofik Sayılar: Belirsiz Ortamlarda Sistem Dinamikleri



Şekil 2: Keçeci-Nötrosofik Sayılar: Belirsiz Ortamlarda Sistem Dinamikleri



Şekil 3: Keçeci-Nötrosofik Sayılar: Belirsiz Ortamlarda Sistem Dinamikleri

Bu örnek, Keçeci algoritmasını bir başlangıç nötrosofik sayısına uygular. Sonuç, her bir elemanı sistemin bir sonraki durumunu (popülasyon ve belirsizlik) temsil eden bir nötrosofik sayılar dizisidir. Grafikler, bu iki bileşenin zaman içinde nasıl etkileşime girdiğini gösterir. Popülasyon (mavi çizgi), Keçeci algoritmasının deterministik kuralları nedeniyle (örneğin, 3'e veya 2'ye bölünmeler), öngörülebilir ancak keskin sıçramalar gösterir. Çevresel belirsizlik (kırmızı çizgi) ise bu içsel dinamiklerden etkilenerek kendi karmaşık yolunu izler. Örneğin, algoritmanın "ASK" kuralını tetiklediği bir asal popülasyon seviyesi hem popülasyonu hem de çevresel istikrarsızlığı aynı anda etkileyen bir "olay" (hastalık salgını, ani kaynak artışı vb.) olarak yorumlanabilir. Bu, deterministik kurallarla yönetilen sistemlerin bile belirsiz ortamlarda nasıl karmaşık ve öngörülemeyen davranışlar sergileyebileceğini modellemek için güçlü bir yöntemdir.

Kuantum Yürüyüşçüsünün Belirsiz Yolu: Nötrosofik Bir Graf Üzerinde Kuantum Dinamikleri

Senaryonun Anlamı ve İlgi Çekici Yönü (Meaning and Appeal of the Scenario)

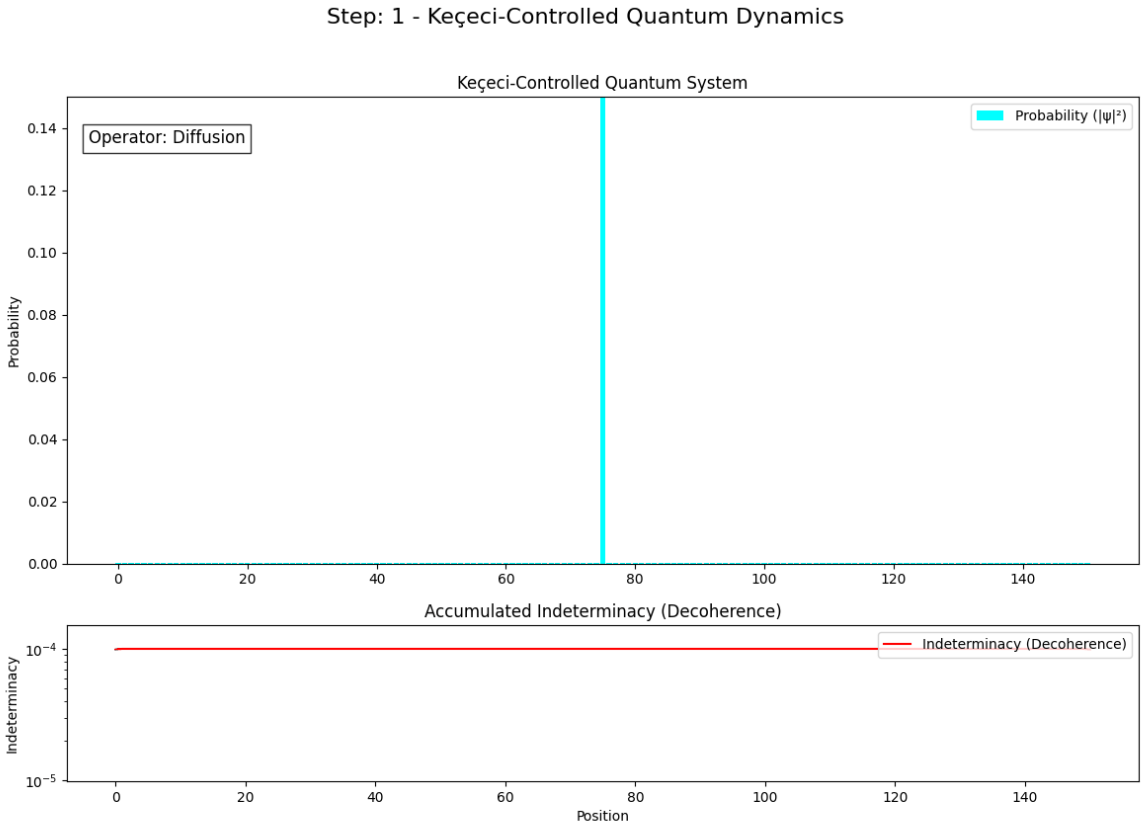
- **Klasik vs. Kuantum:** Klasik bir dünyada, bir parçacık bir yol üzerinde ya sola ya da sağa gider. Kuantum dünyasında ise bir "kuantum yürüyüşçüsü" aynı anda hem sola hem de sağa gidebilir (süperpozisyon). Bu, kuantum algoritmalarının temelini oluşturur.

- **Mükemmel vs. Gerçek Dünya:** Teorik kuantum bilgisayarlar, mükemmel ve hatasız yollar (kuantum kapıları) varsayar. Ancak gerçek dünyada, bu yollar gürültü, çevresel etkileşimler ve kusurlar nedeniyle "belirsiz" veya "güvenilmez" olabilir.

- **Bizim Modelimiz:** Bu kodda, kuantum yürüyüşçüsünün hareket ettiği grafiğin (yolların) kendisi **nötrosofiktir**. Yani her bir yolun hem belirli bir "bağlantı gücü" hem de bir "belirsizlik/güvenilmezlik" seviyesi vardır.

- **Sonuç:** Kuantum parçacığı, bu belirsiz yollarda yürüdükçe, kendi kuantum durumu da "lekelenir". Başlangıçta saf olan kuantum durumu, zamanla belirsizlik kazanır. Bu, kuantum bilgisayarlardaki **dekoherans (decoherence)**, yani kuantum bilginin kaybı olgusunun harika bir modelidir.

Bu kod, **Nötrosofik-Karmaşık Sayıları** kullanarak bir parçacığın hem kuantum genliğini (karmaşık sayı) hem de dekoherans seviyesini (belirsizlik) tek bir nesne içinde birleştirir.



Şekil 4: Kuantum Yürüyüşçüsünün Belirsiz Yolu: Nötrosofik Bir Graf Üzerinde Kuantum Dinamikleri
Bu şekil, aynı zamanda bir hiper bağlantı işlevi gören animasyonlu bir GIF (Grafik Değişim Formatı) dosyasıdır. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28489.25440 [120]

```
import numpy as np
import matplotlib
matplotlib.use('TkAgg') # Interaktif arayüzü zorla
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation
from dataclasses import dataclass
import random
import math
import kececinumbers as kn

class KececiQuantumSystem:
    def __init__(self, num_nodes=101):
        self.num_nodes = num_nodes; self.state = [kn.NeutrosophicComplexNumber() for _ in
range(num_nodes)]; self.state[num_nodes // 2] = kn.NeutrosophicComplexNumber(1.0, 0.0, 0.0);
self.add_value = kn.NeutrosophicComplexNumber(0.001, 0.001, 0.0001); self.ask_unit =
kn.NeutrosophicComplexNumber(real=np.cos(0.1), imag=np.sin(0.1), indeterminacy=0.01);
self.last_divisor = None; self.ask_counter = 0; self.hadamard = (1/np.sqrt(2)) * np.array([[1,
1], [1, -1]], dtype=complex)
    def _apply_quantum_walk_step(self, new_state):
        for i in range(self.num_nodes):
            if self.state[i].magnitude_sq() == 0: continue
            coin_state = self.hadamard @ np.array([1, 1j]) / np.sqrt(2); amp_left =
self.state[i] * coin_state[0]; amp_right = self.state[i] * coin_state[1]; left_node,
right_node = (i - 1 + self.num_nodes) % self.num_nodes, (i + 1) % self.num_nodes;
new_state[left_node] += amp_left; new_state[right_node] += amp_right
        return new_state
    def _apply_ask_operator(self, new_state):
        ask_op = self.ask_unit if self.ask_counter == 0 else
kn.NeutrosophicComplexNumber(real=np.cos(-0.1), imag=np.sin(-0.1), indeterminacy=0.01);
self.ask_counter = 1 - self.ask_counter
        for i in range(self.num_nodes): new_state[i] = self.state[i] * ask_op
        return new_state
    def _apply_diffusion_operator(self, new_state):
        for i in range(self.num_nodes):
            new_state[i] += self.state[i] * 0.98
            if i > 0: new_state[i] += self.state[i-1] * 0.01
            if i < self.num_nodes-1: new_state[i] += self.state[i+1] * 0.01
        return new_state
    def step(self):
        for i in range(self.num_nodes): self.state[i] += self.add_value
        probabilities, _ = self.get_distribution(); expected_pos = sum(i * p for i, p in
enumerate(probabilities)); value_to_check = abs(int(round(expected_pos - self.num_nodes//2)))
        primary_divisor = 3 if self.last_divisor in [None, 2] else 2; new_state =
[kn.NeutrosophicComplexNumber() for _ in range(self.num_nodes)]; operator_used = "None"
        if value_to_check > 1 and value_to_check % primary_divisor == 0: new_state =
self._apply_quantum_walk_step(new_state); self.last_divisor = primary_divisor; operator_used =
f"Quantum Walk (Div by {primary_divisor})"
        elif value_to_check > 1 and value_to_check % (5-primary_divisor) == 0: new_state =
self._apply_quantum_walk_step(new_state); self.last_divisor = (5-primary_divisor);
operator_used = f"Quantum Walk (Div by {5-primary_divisor})"
```

```
        elif kn.is_prime(value_to_check): new_state = self._apply_ask_operator(new_state);
operator_used = "ASK Operator"
        else: new_state = self._apply_diffusion_operator(new_state); operator_used =
"Diffusion"
        self.state = new_state; self.normalize_state(); return operator_used
    def normalize_state(self):
        total_prob = sum(s.magnitude_sq() for s in self.state)
        if total_prob > 0: norm_factor = np.sqrt(total_prob); [setattr(s, 'real',
s.real/norm_factor) or setattr(s, 'imag', s.imag/norm_factor) for s in self.state]
    def get_distribution(self): return [s.magnitude_sq() for s in self.state],
[s.indeterminacy for s in self.state]

# --- Simülasyon ve Görselleştirme (Değişiklikler burada) ---
# --- Simulation and Visualisation (Changes are here) ---
system = KececiQuantumSystem(num_nodes=151)
steps = 100

fig, ax = plt.subplots(2, 1, figsize=(14, 9), gridspec_kw={'height_ratios': [3, 1]})
nodes = np.arange(system.num_nodes)
prob_bars = ax[0].bar(nodes, [0]*system.num_nodes, color='cyan', label='Probability (|ψ|²)')
ind_line, = ax[1].plot(nodes, [0]*system.num_nodes, 'r-', label='Indeterminacy (Decoherence)')
operator_text = ax[0].text(0.02, 0.9, '', transform=ax[0].transAxes, fontsize=12,
bbox=dict(facecolor='white', alpha=0.8))

def init():
    ax[0].set_ylim(0, 0.15); ax[0].set_title("Keçeci-Controlled Quantum System");
ax[0].set_ylabel("Probability"); ax[0].legend(loc='upper right')
    ax[1].set_title("Accumulated Indeterminacy (Decoherence)");
ax[1].set_ylabel("Indeterminacy"); ax[1].set_xlabel("Position"); ax[1].legend(loc='upper
right')

    # DÜZELTME 1: Başlangıçta ekseni 'linear' olarak bırak.
    # FIX 1: Leave the axis as 'linear' initially.
    ax[1].set_yscale('linear')
    ax[1].set_ylim(0, 0.01) # Küçük bir doğrusal başlangıç aralığı

    fig.suptitle("Step: 0 - Operator: Initial State", fontsize=16)
    return prob_bars, ind_line, operator_text

def update(frame):
    operator_used = system.step()
    probabilities, indeterminacies = system.get_distribution()
    for bar, h in zip(prob_bars, probabilities): bar.set_height(h)
    ind_line.set_ydata(indeterminacies)

    # DÜZELTME 2: Koşullu ölçek ve limit belirleme
    # FIX 2: Conditional scale and limit setting
    max_ind = max(indeterminacies) if indeterminacies else 0

    if max_ind > 0:
```

```
        # Eğer veri pozitifse ve eksen hala doğrusal ise, logaritmik olarak değiştir.
        # If data is positive and axis is still linear, switch to log.
        if ax[1].get_yscale() != 'log':
            ax[1].set_yscale('log')

        # Güvenli limit belirleme (önceki düzeltmedeki gibi)
        # Safe limit setting (as in the previous fix)
        min_non_zero_ind = min((val for val in indeterminacies if val > 0), default=1e-9)
        lower_bound = min_non_zero_ind * 0.1
        upper_bound = max_ind * 1.5
        ax[1].set_ylim(lower_bound, upper_bound)
    else:
        # Veride hala pozitif değer yoksa, doğrusal modda kal.
        # If there are still no positive values in the data, remain in linear mode.
        pass # init() içinde ayarlanan limitler geçerli kalır. (Limits set in init() remain
valid.)

    operator_text.set_text(f"Operator: {operator_used}")
    fig.suptitle(f"Step: {frame + 1} - Keçeci-Controlled Quantum Dynamics", fontsize=16)
    return prob_bars, ind_line, operator_text

ani = animation.FuncAnimation(fig, update, frames=steps, init_func=init, blit=False,
interval=120, repeat=False)

try:
    print("Saving animation as 'kececi_quantum_dynamics4.gif'. This may take a moment...")
    ani.save('kececi_quantum_dynamics4.gif', writer='pillow', fps=10)
    print("Animation saved successfully.")
except Exception as e:
    print(f"Could not save animation. Error: {e}")

plt.tight_layout(rect=[0, 0, 1, 0.95])
plt.show()

print("Program finished.")
```

Liste 4: Kuantum Yürüyüşçüsünün Belirsiz Yolu: Nötrosofik Bir Graf Üzerinde Kuantum Dinamikleri

- **Üst Grafik (Olasılık):** Başlangıçta parçacık tek bir noktadadır (olasılık = 1). Zamanla, "kuantum para atışı" ve "kaydırma" operasyonları nedeniyle olasılık dağılımı iki yana doğru yayılır. Bu, klasik bir rastgele yürüyüşten farklıdır; kuantum yürüyüşü çok daha hızlı yayılır ve girişim desenleri (interferans) oluşturur. Grafikteki iki büyük tepe, bu kuantum davranışının tipik bir özelliğidir.

- **Alt Grafik (Belirsizlik/Dekoherans):** Bu, modelin en ilgi çekici kısmıdır. Başlangıçta tüm belirsizlik sıfırdır. Parçacık, grafikteki kusurlu (nötrosofik belirsizliği yüksek) yollardan her geçtiğinde, kuantum durumunun saflığı bozulur ve o noktadaki belirsizlik (kırmızı çizgi) artar. Animasyon ilerledikçe, parçacığın en olası olduğu yerlerde belirsizliğin de en hızlı biriktiğini görürsünüz. Bu, bir kuantum bilgisayarının çevresiyle etkileşime girerek kuantum bilgilerini nasıl kaybettiğini görselleştiren güçlü bir modeldir.

- **Neden İlgi Çekici?** Bu kod, sadece soyut bir matematiksel yapı olan Nötrosofik-Karmaşık Sayıları alıp, onu kuantum dekoheransı gibi son derece önemli ve güncel bir fiziksel problemi modellemek için kullanır. Kuantum mekaniğinin temelini (karmaşık genlikler) ve en büyük zorluğunu (dekoherans) tek bir zarif matematiksel nesne içinde birleştirir.

IV. İleri Düzey Sayı Sistemlerinin Karşılaştırmalı Özellikleri ve Uygulama Alanları

Aşağıdaki tablo, bu çalışmada incelenen Nötrosofik, Hipergerçek ve bunlardan türetilen Keçeci-Hibrit sistemlerini temel amaçları, yapıları, benzerlikleri, farkları ve potansiyel uygulama alanları açısından karşılaştırmaktadır.

Karşılaştırma Kriteri	Nötrosofik Sayılar	Hipergerçek Sayılar	Keçeci-Nötrosofik Sayılar	Keçeci-Hipergerçek Sayılar
Temel Amaç *Core Purpose*	Belirsiz, tutarsız ve eksik bilgiyi matematiksel olarak modellemek.	Sonsuz küçük (infinitesimal) ve sonsuz büyük nicelikleri içeren tutarlı bir kalkülüs sistemi oluşturmak.	Deterministik bir algoritmanın, belirsizlik içeren bir ortamdaki dinamik davranışını incelemek.	Deterministik bir algoritmanın, çok ölçekli veya sonsuz küçük pertürbasyonlar altındaki davranışını incelemek.
Yapı ve Temsil *Structure & Representation*	$a + bI$ formunda bir sayıdır. a belirli (determinate) kısmı, bI belirsiz (indeterminate) kısmı temsil eder.	Reel sayıların bir dizisi olarak temsil edilir: $(s_0, s_1, s_2, \ldots)$. Dizi, sayının standart ve standart dışı kısımlarını kodlar.	Her elemanı bir Nötrosofik Sayı olan bir dizidir: $[z_0, z_1, z_2, \ldots]$, burada $z_k = a_k + b_kI$. Bir sistemin durumunun zaman içindeki evrimini temsil eder.	Her elemanı bir Hipergerçek Sayı olan bir dizidir (bir "diziler dizisi"): $[H_0, H_1, H_2, \ldots]$, burada $H_k = (s_{k0}, s_{k1}, \ldots)$.
Temel Benzerlik *Key Similarity*	Her ikisi de Reel Sayılar kümesini genişleten "standart dışı" sistemlerdir. Klasik matematiğin yetersiz kaldığı kavramları ele alırlar.	Her ikisi de aynı Keçeci Sayı algoritması tarafından üretilir. Temel bir sistemin (Nötrosofik/Hipergerçek) üzerine uygulanmış dinamik bir süreci temsil ederler.		
Temel Fark *Key Difference*	**Mantıksal belirsizliği** (ne kadar bilindiği) modeller.	**Niceliksel büyüklüğü** (ne kadar küçük/büyük olduğu) modeller.	**Belirsizlik** içeren bir sistemin zaman içindeki durumunu izler.	**Çok ölçekli** bir sistemin zaman içindeki durumunu izler.
Potansiyel Kullanım Alanları *Potential Use Cases*	- Yapay zekâda karar verme - Sensör füzyonu, robotik - Tıbbi teşhis - Veri madenciliği (eksik veri)	- Fizikte pertürbasyon teorisi - Akışkanlar dinamiği - Malzeme bilimi (süreklilik mekaniği) - Diferansiyel denklemlerin sezgisel çözümü	- Belirsiz ortamlarda otonom sistem kontrolü - Volatilite içeren finansal piyasa modellemesi - Ekolojik popülasyon dinamikleri - Kriptografik anahtar üretimi	- Malzemelerde çatlak ilerlemesi gibi çok ölçekli fiziksel olayların simülasyonu - Kuantum sistemlerinin uzun vadeli kararlılık analizi - Kaotik sistemlerin asimptotik davranışlarının incelenmesi

Tablo 1: Karşılaştırma Tablosu (Comparison Table)

V. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri

Bu çalışma, Keçeci Sayıları olarak bilinen deterministik algoritmik diziler ile Nötrosofik ve Hipergerçek sayılar gibi standart dışı sayı sistemleri arasında teorik ve hesaplamalı bir köprü kurmayı başarmıştır. Araştırmamız, geleneksel sayı sistemlerinin sınırlarının ötesine geçerek, belirsizlik ve sonsuzluk gibi karmaşık kavramları barındıran matematiksel alanlarda algoritmik süreçlerin nasıl davrandığını ortaya koymuştur. Bu amaçla, 11 farklı sayı türünü destekleyen nesne yönelimli bir Python çerçevesi geliştirilmiş ve bu sayede Keçeci algoritmasının çeşitli cebirsel yapılar üzerindeki etkileri sistematik olarak incelenmiştir.

Temel bulgularımız iki ana eksende toplanmaktadır. Birincisi, Keçeci-Nötrosofik sayıların analizi, deterministik kuralların belirsizlik içeren bir ortamla nasıl etkileşime girdiğini göstermiştir. Üretilen dizilerin geometrik yörüngeleri, sistemin belirli (determinate) ve belirsiz (indeterminate) bileşenleri arasında karmaşık, bazen kaotik, bazen de düzenli desenler sergilemiştir. Bu durum, belirsizliğin yalnızca bir gürültü faktörü olmadığını, aynı zamanda sistemin dinamiklerini temelden şekillendiren bir bileşen olabileceğini göstermektedir. İkincisi, Keçeci-Hipergerçek sayıların incelenmesi, sonlu bir algoritmanın çok ölçekli

fenomenleri nasıl modelleyebileceğini ortaya koymuştur. Sonsuz küçük dalgalanmaların makroskopik yörüngeler üzerindeki birikimli etkilerini veya bir dizinin sonsuzdaki asimptotik davranışını tek bir tutarlı çerçevede analiz etme yeteneği, bu yaklaşımın en güçlü yönlerinden biridir.

Sonuç olarak, bu çalışma sadece yeni hibrit matematiksel nesneler tanımlamakla kalmamış, aynı zamanda bu nesnelerin fiziksel, mühendislik ve hesaplamalı sistemlerdeki karmaşık davranışları modellemek için pratik birer araç olabileceğini göstermiştir. Geliştirilen hesaplamalı ve görsel analiz yöntemleri, algoritmik sayılar teorisi ile standart dışı analiz arasında yeni ve verimli bir araştırma alanı açmaktadır.

Gelecek Perspektifleri ve Araştırma Yönelimleri (Future Perspectives and Research Directions)

Bu çalışmada atılan temeller, gelecekteki araştırmalar için birçok heyecan verici ve disiplinlerarası yol haritası sunmaktadır. Potansiyel araştırma yönelimleri üç ana başlık altında toplanabilir:

1. **Teorik Derinleşme ve Matematiksel İspatlar:** Bu çalışma, büyük ölçüde hesaplamalı keşif ve geometrik yoruma dayanmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, gözlemlenen bu davranışların arkasındaki biçimsel matematiksel özellikleri kanıtlamaya odaklanmalıdır. Örneğin, belirli başlangıç koşulları altında Keçeci-Nötrosofik dizilerin yörüngelerinin sınırlı veya ıraksak olup olmadığı, bu yörüngelerin fraktal boyutları veya bu dizilerin ürettiği sayıların istatistiksel dağılımları gibi konular derinlemesine incelenebilir. Ayrıca, bu dizilerin kaos teorisindeki Lyapunov üstelleri gibi bilinen metriklerle ilişkisi kurulabilir.

2. **Uygulama Alanlarının Genişletilmesi:**

    - **Kuantum Fiziği ve Hesaplama:** Nötrosofik belirsizlik, kuantum ölçüm problemini ve dolanıklık gibi olguları modellemek için doğal bir çerçeve sunar. Keçeci-Nötrosofik diziler, kuantum hata düzeltme kodlarında gürültünün hem tesadüfi (belirli) hem de sistematik (belirsiz) bileşenlerini içeren daha gerçekçi hata modelleri oluşturmak için kullanılabilir. Hipergerçek sayılar ise, kuantum alan teorilerindeki ıraksaklıkların yeniden normalleştirilmesi süreçlerine alternatif bir bakış açısı getirebilir.

    - **Mühendislik ve Otonom Sistemler:** Otonom araçların veya robotların sensör verileri genellikle gürültü ve belirsizlik içerir. Keçeci-Nötrosofik modeller, bir sensörün okuduğu değere (determinate kısım) ve o sensörün güvenilirliğine (indeterminate kısım) dayalı olarak daha sağlam kontrol algoritmaları geliştirmek için kullanılabilir. Bu, özellikle zorlu hava koşulları gibi belirsizliğin arttığı durumlarda sistem güvenilirliğini artırabilir.

    - **Finansal Modelleme ve Kriptografi:** Finansal piyasaların volatilitesi, nötrosofik belirsizlik ile modellenebilir. Keçeci-Nötrosofik diziler hem piyasa trendlerini hem de bu trendlere olan güveni (veya belirsizliği) içeren zaman serileri üretebilir. Bu dizilerin yüksek karmaşıklığı, onları yeni nesil sahte rastgele sayı üreteçleri ve kriptografik anahtar protokolleri için de potansiyel bir aday haline getirmektedir.

3. **Hesaplamalı Araçların Geliştirilmesi:** Bu çalışmada kullanılan Python çerçevesi bir prototip niteliğindedir. Bu araçların C++ veya CUDA gibi yüksek performanslı diller kullanılarak optimize edilmiş kütüphanelere dönüştürülmesi, çok daha büyük ölçekli simülasyonların ve istatistiksel analizlerin yapılabilmesine olanak tanıyacaktır. Ayrıca, kullanıcıların kendi sayı sistemlerini veya algoritmik kurallarını kolayca tanımlayıp entegre edebilecekleri daha genel ve modüler bir yazılım platformu geliştirilebilir.

Bu yollar, Keçeci Sayılarının standart dışı sistemlerle olan bu kesişmenin hem temel bilimlerdeki anlayışımızı derinleştirmek hem de pratik teknolojik sorunlara yenilikçi çözümler [22–37] sunmak için ne denli büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

VI. References

1. Leibniz, G. W. (1710). *Symbolism, infinitesimals, and the dream of a universal language*. In M. Serres (Ed.), *The History of Scientific Thought* (pp. 373-381). Blackwell.
2. Grabiner, J. V. (1983). The changing concept of rigor in mathematical analysis. *The American Mathematical Monthly*, *90*(3), 184–197.
3. Robinson, A. (1996). *Non-standard analysis* (Revised ed.). Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400822601
4. Keisler, H. J. (2012). *Elementary calculus: An infinitesimal approach* (2nd ed.). Dover Publications.
5. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*(3), 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X
6. Smarandache, F. (2005). *Neutrosophy. Neutrosophic probability, set, and logic*. American Research Press.
7. Özçevik, S. B., Dertli, A., & Karaahmetoğlu, S. (2025). Bicomplex Oresme numbers. *Journal of Science and Arts*, *25*(1), 145–152. https://doi.org/10.46939/J.Sci.Arts-25.1-a13
8. Dertli, A., & Tetik, C. (2025). New Approach to Neutrosophic Numbers and Neutrosophic Complex Numbers. *Axioms*, *14*(3), 212. https://doi.org/10.3390/axioms14030212
9. Keçeci, M. (2025). *Echoes of Constancy: Waves of Change in the Keçeci and Oresme Sequences*. SciELO Preprints. https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.12584
10. Keçeci, M. (2025e). *Keçeci numbers and the Keçeci prime number: A potential number theoretic exploratory tool*. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15381697
11. Keçeci, M. (2025). *Dynamic vs Static Number Sequences: The Case of Keçeci and Oresme Numbers*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15833351
12. Keçeci, M. (2025). *Quantum Computing Applications of Weyl-Majorana Hybrid States*. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29606039
13. Keçeci, M. (2025f). *Stratum model-based analysis of topological insulators hosting Weyl and Majorana fermions*. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.39.1
14. Keçeci, M. (2025). *From Weyl Fermions to Topological Matter: The Physics of Weyl Semimetals*. Knowledge Commons. https://doi.org/10.17613/p79v7-kje79
15. Keçeci, M. (2025h). *Weyl semimetals: Discovery of exotic electronic states and topological phases*. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15447116
16. Keçeci, M. (2025a). *Between chaos and order: A behavioural portrait of Keçeci and Oresme numbers*. Preprints.ru. https://doi.org/10.24108/preprints-3113623
17. Keçeci, M. (2025b). *Dynamic and static properties of Keçeci and Oresme number sequences: A comparative examination*. Figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29504960

18. Keçeci, M. (2025). Keçeci Numbers and the Keçeci Prime Number. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.174890181.14730464/v1
19. Keçeci, M. (2025d). *Hilbert spaces and quantum information: Tools for next-generation computing*. Figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29604011
20. Keçeci, M. (2025). Diversity of Keçeci Numbers and Their Application to Prešić-Type Fixed-Point Iterations: A Numerical Exploration. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15481711
21. Keçeci, M. (2025). *The Keçeci Layout: A Structural Approach for Interdisciplinary Scientific Analysis*. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15792684
22. Yaman, M., & Misir, Z. (2022). Finite-Time Behaviour of Solutions to Nonlinear Parabolic equation. New Trends in Mathematical Sciences, 10(4), 47–53. https://doi.org/10.20852/ntmsci.2022.487
23. Mustafa, O., & Güvendi, A. (2025). Fermions in a (2+1)-Dimensional Magnetized Spacetime with a Cosmological Constant: Domain Walls and Spinning Magnetic Vortices. Physics Letters B, Volume 866, 139569. https://doi.org/10.1016/j.physletb.2025.139569
24. Altun, I., Gençtürk, İ., & Erduran, A. (2023). Prešić-type fixed point results via Q-distance on quasimetric space and application to (p, q)-difference equations. Nonlinear Analysis Modelling and Control, 28(6), 1013-1026. https://doi.org/10.15388/namc.2023.28.33436
25. Yıldız, F., Przybylski, M., & Kirschner, J. (2009). Direct evidence of a nonorthogonal magnetization configuration in single crystalline $Fe_{1-x}Co_x$/Rh/Fe/Rh(001) system. Physical Review Letters, 103(14), 147203. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.103.147203
26. Mikailzade, F., Maksutoglu, M., Khaibullin, R.I., Valeev, V.F., Nuzhdin, V.I., Aliyeva, V.B., & Mammadov, T.G. (2016). Magnetodielectric Effects in Co-implanted $TlInS_2$ and $TlGaSe_2$ Crystals. Phase Transitions, 89(6), 568–577. https://doi.org/10.1080/01411594.2015.1080259
27. Yalçın, O., et al. (2023). Crystallographic, structural, optical, and dielectric properties of aniline and aniline halide imprinted hydrogels for optoelectronic applications. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 34(22), 1700. https://doi.org/10.1007/s10854-023-10915-8
28. Veliev, E. V., Günaydın, S., & Sundu, H. (2018). Thermal properties of the exotic X(3872) state via QCD sum rule. The European Physical Journal Plus, 133(3), 139. https://doi.org/10.1140/epjp/i2018-11977-0
29. Rameev, B. (2020). Magnetic Resonance and Microwave Techniques for Security Applications. 2019 Photonics & Electromagnetics Research Symposium-Spring (PIERS-Spring). IEEE. https://doi.org/10.1109/PIERS-Spring46901.2019.9017563

30. Bidai, K., Tabeti, A., Mohammed, D. S., Seddik, T., Batouche, M., Özdemir, M., & Bakhti, B. (2020). Carbon substitution enhanced electronic and optical properties of $MgSiP_2$ chalcopyrite through TB-mBJ approximation. Computational Condensed Matter, 24, e00490. https://doi.org/10.1016/j.cocom.2020.e00490
31. Elzwawy, A., Pişkin, H., Akdoğan, N., et al. (2021). Current trends in planar Hall effect sensors: Evolution, optimization, and applications. Journal of Physics D: Applied Physics, 54(35), 353001. https://doi.org/10.1088/1361-6463/abfbfb
32. Garrett, J., Luis, E., Peng, H.-H., Cera, T., Gobinathj, Borrow, J., Keçeci, M., Splines, Iyer, S., Liu, Y., cjw, & Gasanov, M. (2022–2023). SciencePlots (Versions 2.1.1, 2.1.0, 2.0.1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.10206719 (v2.1.1); https://doi.org/10.5281/zenodo.7986336 (v2.1.0); https://doi.org/10.5281/zenodo.7394724 (v2.0.1)
33. Berber S., Tomanek D. (2009). Hydrogen-induced disintegration of fullerenes and nanotubes: An ab initio study. Physical Review B, Condensed Matter, 80(7), 075427. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.80.075427
34. Ay, M., Etyemez A. (2020). Optimization of the effects of wire EDM parameters on tolerances. Emerging Materials Research. https://doi.org/10.1680/jemmr.20.00076
35. Osman Ö., Ozdemir O. K., Ulusoy I. et al. (2010). Effect of Ti sublayer on the ORR catalytic efficiency of dc magnetron sputtered thin Pt films. International Journal of Hydrogen Energy, 35(10), 4466-4473. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.02.077
36. Mevlut Karabulut, Ali Kemal Mak, Razvan Stefan, Arijeta Bafti, Marija Mirosavljević, Luka Pavić (2025). Structural, optical, and electrical properties of Eu doped sodium borosilicate and lead silicate glasses. Optical Materials, 162(10), 116833. http://doi.org/10.1016/j.optmat.2025.116833
37. Ermurat, M., Arslan M.A., Erzincanlı F., Uzman, İ. (2013). Process parameters investigation of a laser-generated single clad for minimum size using design of experiments. Rapid Prototyping Journal, 19(6):452-462. https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2011-0062
38. Keçeci, M. (2025). adnus [Data set]. OSF. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9C26Y
39. Keçeci, M. (2025). adnus [Data set]. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29621336
40. Keçeci, M. (2025). adnus [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.23.1
41. Keçeci, M. (2025). adnus. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.16341919
42. Keçeci, M. (2025). Bridging Quantum Theory and Computation: The Role of Hilbert Spaces. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.38.1
43. Keçeci, M. (2025). oresmej [Data set]. ResearchGate. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30518.41284

44. Keçeci, M. (2025). oresmej [Data set]. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29554532
45. Keçeci, M. (2025). oresmej [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/WORKFLOWHUB.DATAFILE.19.1
46. Keçeci, M. (2025). oresmej. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15874178
47. Keçeci, M. (2025). Analysing the Dynamic and Static Structures of Keçeci and Oresme Sequences. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175199926.64529709/v1
48. Keçeci, M. (2025). Dynamic Sequences Versus Static Sequences: Keçeci and Oresme Numbers in Focus. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202507.0781.v1
49. Keçeci, M. (2025). Mobility and Constancy in Mathematical Sequences: A Study on Keçeci and Oresme Numbers. OSF. https://doi.org/10.17605/osf.io/68r4v
50. Keçeci, Mehmet (2025). Dynamic and Static Approaches in Mathematics: Investigating Keçeci and Oresme Sequences. Knowledge Commons. https://doi.org/10.17613/gbdgx-d8y63
51. Keçeci, Mehmet (2025). Dynamic-Static Properties of Keçeci and Oresme Number Sequences: A Comparative Examination. figshare. Journal contribution. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29504960
52. Keçeci, M. (2025). Variability and Stability in Number Sequences: An Analysis of Keçeci and Oresme Numbers. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.37.1; https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.37.2
53. Keçeci, M. (2025). A Graph-Theoretic Perspective on the Keçeci Layout: Structuring Cross-Disciplinary Inquiry. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202507.0589.v1
54. Keçeci, M. (2025). Oresme. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29504708
55. Keçeci, M. (2025). Oresme [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.18.1
56. Keçeci, M. (2025). Oresme (0.1.0). Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15833238
57. Keçeci, M. (2025). Exploring Weyl Semimetals: Emergence of Exotic Electrons and Topological Order. HAL open science. https://hal.science/hal-05146435; https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35594.17606
58. Keçeci, M. (2025). The Rise of Weyl Semimetals: Exotic States and Topological Transitions. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175192231.19609379/v1
59. Keçeci, M. (2025). Geometric Resilience in Quantum Systems: The Case of Nodal-Line Semimetals. Authorea. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175192307.76278430/v1
60. Keçeci, M. (2025). Harnessing Geometry for Quantum Computation: Lessons from Nodal-Line Materials. Knowledge Commons. https://doi.org/10.17613/w6vmd-4vb84

61. Keçeci, M. (2025). Quantum Information at the Edge: Topological Opportunities in Nodal-Line Materials. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29484947
62. Keçeci, M. (2025). Nodal-Line Semimetals: Unlocking Geometric Potential in Quantum Information. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.36.1
63. Keçeci, M. (2025). Weyl Semimetals and Their Unique Electronic and Topological Characteristics. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29483816
64. Keçeci, M. (2025). Weyl Semimetals: Unveiling Novel Electronic Structures and Topological Properties. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.35.3
65. Keçeci, M. (2025). When Nodes Have an Order: The Keçeci Layout for Structured System Visualization. HAL open science. https://hal.science/hal-05143155; https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19098.76484
66. Keçeci, M. (2025). The Keçeci Layout: A Cross-Disciplinary Graphical Framework for Structural Analysis of Ordered Systems. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175156702.26421899/v1
67. Keçeci, M. (2025). Beyond Traditional Diagrams: The Keçeci Layout for Structural Thinking. Knowledge Commons. https://doi.org/10.17613/v4w94-ak572
68. Keçeci, M. (2025). The Keçeci Layout: A Structural Approach for Interdisciplinary Scientific Analysis. figshare. Journal contribution. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29468135
69. Keçeci, M. (2025, July 3). The Keçeci Layout: A Structural Approach for Interdisciplinary Scientific Analysis. OSF. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/9HTG3
70. Keçeci, M. (2025). Beyond Topology: Deterministic and Order-Preserving Graph Visualization with the Keçeci Layout. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.34.4
71. Keçeci, M. (2025). Technical and Theoretical Bridges Between Gravitational Wave Observations and Quantum Information Processing Systems. Authorea. July, 2025. https://doi.org/10.22541/au.175138854.46819184/v1
72. Keçeci, M. (2025). New Technological and Methodological Approaches in Gravitational Wave Detection and Quantum Computing Development. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.33.1
73. Keçeci, M. (2025). Scalable Complexity in Fractal Geometry: The Keçeci Fractal Approach. Authorea. June, 2025. https://doi.org/10.22541/au.175131225.56823239/v1
74. Keçeci, M. (2025). Keçeci Fractals. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.32.2
75. Keçeci, M. (2025). Keçeci Deterministic Zigzag Layout. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.31.1

76. Keçeci, M. (2025). Keçeci Zigzag Layout Algorithm. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175087581.16524538/v1
77. Keçeci, M. (2025). Keçeci's Arithmetical Square. Authorea. https://doi.org/10.22541/au.175070836.63624913/v1
78. Keçeci, M. (2025). Çoklu İşlemci Mimarilerinde Kuantum Algoritma Simülasyonlarının Hızlandırılması: Cython, Numba ve Jax ile Optimizasyon Teknikleri. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15580503
79. Keçeci, M. (2025). Kuantum Hata Düzeltmede Metrik Seçimi ve Algoritmik Optimizasyonun Büyük Ölçekli Yüzey Kodları Üzerindeki Etkileri. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15572200
80. Keçeci, M. (2025). Kuantum Hata Düzeltme Algoritmalarında Özyineleme Optimizasyonu ve Aşırı Gürültü Toleransı: Kuantum Sıçraması Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15570678
81. Keçeci, M. (2025). Yüksek Kübit Sayılı Kuantum Hesaplamada Ölçeklenebilirlik ve Hata Yönetimi: Yüzey Kodları, Topolojik Malzemeler ve Hibrit Algoritmik Yaklaşımlar. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15558153
82. Keçeci, M. (2025). Künneth Teoremi Bağlamında Özdevinimli ve Evrişimli Kuantum Algoritmalarında Yapay Zekâ Entegrasyonu ile Hata Minimizasyonu. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15540875
83. Keçeci, M. (2025). The Relationship Between Gravitational Wave Observations and Quantum Computing Technologies. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15524251
84. Keçeci, M. (2025). KütleçekimsFel Dalga Gözlemleri ile Kuantum Bilgisayar Teknolojileri Arasındaki Teknolojik ve Metodolojik Bağlantılar. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15519591
85. Keçeci, M. (2025). Accuracy, Noise, and Scalability in Quantum Computation: Strategies for the NISQ Era and Beyond. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15515113
86. Keçeci, M. (2025). Quantum Error Correction Codes and Their Impact on Scalable Quantum Computation: Current Approaches and Future Perspectives. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15499657
87. Keçeci, M. (2025). Nanoscale Quantum Computers Fundamentals, Technologies, and Future Perspectives. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15493024

88. Keçeci, M. (2025). Investigating Layered Structures Containing Weyl and Majorana Fermions via the Stratum Model. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15489074
89. Keçeci, M. (2025). Kuantum geometri, topolojik fazlar ve yeni matematiksel yapılar: Disiplinlerarası bir perspektif. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15474957
90. Keçeci, M. (2025). Understanding quantum mechanics through Hilbert spaces: Applications in quantum computing. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15468754
91. Keçeci, M. (2025). Nodal-line semimetals: A geometric advantage in quantum information. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15455271
92. Keçeci, M. (2025, May 15). The Keçeci binomial square: A reinterpretation of the standard binomial expansion and its potential applications. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15425529
93. Keçeci, M. (2025). kececisquares [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.15.1
94. Keçeci, M. (2025, May 14). Kececisquares. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15411670
95. Keçeci, M. (2025, May 13). Scalable complexity: Mathematical analysis and potential for physical applications of the Keçeci circle fractal. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15392772
96. Keçeci, M. (2025). kececifractals [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.16.3
97. Keçeci, M. (2025, May 13). Kececifractals. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15392518
98. Keçeci, M. (2025). kececinumbers [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.14.1
99. Keçeci, M. (2025, May 10). Kececinumbers. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15377659
100. Keçeci, M. (2025). From Majorana fermions to quantum devices: The role of nanomaterials in the second quantum era. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15331067
101. Keçeci, M. (2025, May 1). Keçeci Layout. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15314328
102. Keçeci, M. (2025). kececilayout. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29582084
103. Keçeci, M. (2025). kececilayout [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.17.2

104. Keçeci, M. (2025, May 1). Kececilayout. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15313946

105. Keçeci, M. (2025). Grikod2 [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.13.1

106. Keçeci, M. (2025, May 6). Grikod2. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15352206

107. Keçeci, M. (2025). Grikod [Data set]. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.datafile.12.2

108. Keçeci, M. (2025, May 6). Grikod. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.12731345

109. Garrett, J., Luis, E., Peng, H.-H., Cera, T., Gobinathj, Borrow, J., Keçeci, M., Splines, Iyer, S., Liu, Y., cjw, & Gasanov, M. (2022–2023). garrettj403/SciencePlots (Versions 2.1.1, 2.1.0, 2.0.1) [Computer software]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.10206719 (v2.1.1); https://doi.org/10.5281/zenodo.7986336 (v2.1.0); https://doi.org/10.5281/zenodo.7394724 (v2.0.1)

110. Keçeci, M. (2021). The Next Stop: Future Planet Walks. In SEDS Space Arts 2021, Global Art Competition, Sri Lanka. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21394.12482

111. Keçeci, M. (2020, October 25). Discourse on the second quantum revolution and nanotechnology applications in the midst of the COVID-19 pandemic of inequality. International Journal of Latest Research in Science and Technology, 9(5), 1–7. eISSN: 2278-5299. https://doi.org/10.5281/zenodo.7483395; https://www.mnkjournals.com/journal/ijlrst/Article.php?paper_id=11004

112. Keçeci, M. (2019). Quantum and Art. Presented at International Workshop on Quantum Frontiers of Technology, TÜBİTAK, TÜSSİDE, Gebze, Türkiye. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27533.90089

113. Keçeci, M. (2019, December 6). 2 Boyutlu Tek Katmanlı Yapıların Su Arıtımında Kullanımının Stratejik Önemi (Strategic Importance of Use of 2 Dimensional Monolayer Structures in Water Purification). 23. Sıvı Hâl Sempozyumu (23rd Liquid State Symposium), Pîrî Reis University, Türkiye. https://doi.org/10.5281/zenodo.15567811

114. Keçeci, M. (2017, July 19–21). Açık Dijital Rozetlerin Eğitim ve Kariyer Planlamasında Kullanımı (Use of open digital badges in education and career planning). ADIM Fizik Günleri VI, Balıkesir Üniversitesi (ADIM Physics Days VI, Balıkesir University), Türkiye. https://doi.org/10.5281/zenodo.15567962

115. Keçeci, M. (2011). 2n-dimensional at Fujii model instanton-like solutions and coupling constant's role between instantons with higher derivatives. Turkish Journal of Physics, 35(2), 173–178. ISSN: 1300-0101, eISSN: 1303-6122. https://doi.org/10.3906/fiz-1012-66

116. Keçeci, M. (2005, September 13–16). 2n-boyutlu Fujii modelinde instanton çözümleri ve bağlantı sabitinin instantonlar arasındaki rolü. Presented at World Year of Physics 2005 Turkish Physical Society 23rd International Physics Congress, Muğla University, Türkiye. https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1441.4887

117. Keçeci, M. (2005, May). Konformal invaryant Fujii modelinin instanton tipi tam çözümü. Presented at Geleneksel Erzurum Fizik Günleri-II, Atatürk University, Türkiye. https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3538.6408

118. Keçeci, M. (2002, September 16–20). Exact instanton-like solution conformal invariant of Fujii model, construct for four-dimensional and subderivative. Presented at Working Group II, Turkish Nonlinear Science Working Group, Karaburun/Izmir, Türkiye. https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1638.0964

119. Keçeci, M. (2001). Konformal Spinör Alan Teorileri (Yüksek Lisans tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Fizik.

120. Keçeci, M. (2025). Keçeci Quantum Dynamics. ResearchGate. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28489.25440

121. Keçeci, M. (2025). Keçeci Sayılarının Nötrosofik ve Hipergerçek Sayılarla Geometrik Yorumlamaları. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.16343568

122. Keçeci, M. (2025). Geometric Interpretations of Keçeci Numbers with Neutrosophic and Hyperreal Numbers. Open Science Articles (OSAs), Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.16344231

123. Keçeci, M. (2025). Keçeci Sayılarının Nötrosofik ve Hipergerçek Uzaylarda Geometrik Analizi. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.40.1

124. Keçeci, M. (2025). Geometric Interpretations of Keçeci Numbers within Neutrosophic and Hyperreal Number Systems. WorkflowHub. https://doi.org/10.48546/workflowhub.document.41.1

125. Keçeci, M. (2025). Keçeci Sayılarının Nötrosofik Hipergerçek Uzaylarda Geometrik Temsilleri. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29636750

126. Keçeci, M. (2025). Geometric Representations of Keçeci Numbers in Neutrosophic Hyperreal Spaces. figshare. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.29636849

127. Keçeci, M. (2025). Keçeci Sayılarının Nötrosofik Küme Teorisi ve Hipergerçek Uzaylarda İncelenmesi. OSF. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/KVCB6

128. Keçeci, M. (2025). Investigation of Keçeci Numbers via Neutrosophic Set Theory and Hyperreal Spaces. OSF. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/VMK82

View publication stats